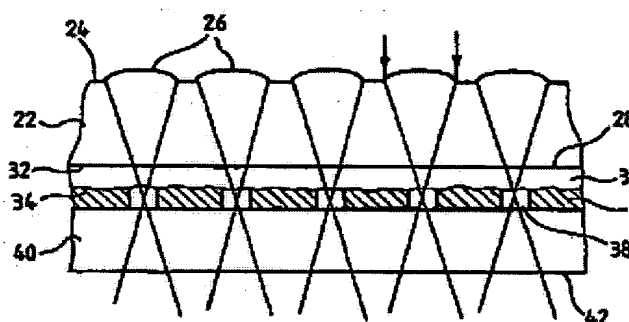


**PROJECTION SCREEN****Patent number:** FR2793043**Publication date:** 2000-11-03**Inventor:** GIBILINI DANIEL**Applicant:** SYNELEC SA (FR)**Classification:****- international:** G03B21/62; G02B5/02; G02B5/32**- european:** G03B21/62B**Application number:** FR19990007352 19990610**Priority number(s):** FR19990007352 19990610; FR19990005480 19990429**Also published as:**WO0067071 (A)  
EP1177477 (A1)**Abstract of FR2793043**

The invention concerns a rear projection screen, comprising a support (22) with focusing elements such as microlenses (26) or lenticular elements, a holographic diffuser, and an opaque layer (36) with apertures (38) for allowing through the light focused by the microlenses. The light projected from the rear of the screen is concentrated by the microlenses (26) and passes through the opaque layer by the apertures (38). The holographic diffuser controls the directivity of the light. The incident light on the screen is absorbed by the opaque layer; such that the layer provides good transmittivity, high contrast, and controlled directivity owing to the holographic diffuser. The invention also concerns a method for making such a rear projection screen whereby the apertures in the opaque layer are formed by irradiating said layer or a preparatory material through the microlenses.



---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 793 043**

⑫ N° d'enregistrement national : **99 07352**

⑤ Int Cl<sup>7</sup> : G 03 B 21/62, G 02 B 5/02, 5/32

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

**A1**

⑫ Date de dépôt : 10.06.99.

③ Priorité : 29.04.99 FR 09905480.

④ Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 03.11.00 Bulletin 00/44.

⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦ Demandeur(s) : SYNELEC SA Société anonyme —  
FR.

⑦ Inventeur(s) : GIBILINI DANIEL.

⑦ Titulaire(s) :

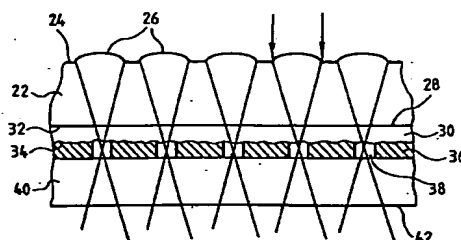
⑦ Mandataire(s) : CABINET HIRSCH.

⑤ ECRAN DE PROJECTION.

⑦ L'invention concerne un écran de rétroprojection, comprenant un support (22) avec des éléments de focalisation tels des micro-lentilles (26), un diffuseur holographique, et une couche opaque (36) avec des ouvertures (38) pour laisser passer la lumière focalisée par les micro-lentilles.

La lumière projetée depuis l'arrière de l'écran est concentrée par les micro-lentilles (26) et traverse la couche opaque à travers les ouvertures (38). Le diffuseur holographique contrôle la directivité de la lumière. La lumière incidente sur l'écran est absorbée par la couche opaque; de la sorte, l'écran présente une bonne transmittivité, un contraste élevé, et une directivité contrôlable grâce au diffuseur holographique.

L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'un tel écran de rétroprojection, dans lequel les ouvertures dans la couche opaque sont formées par irradiation de cette couche ou d'un matériau préparatoire à travers les micro-lentilles.



FR 2 793 043 - A1



## ECRAN DE PROJECTION

La présente invention concerne le domaine de la projection, et plus spécifiquement concerne les écrans utilisés tant pour la projection frontale que pour  
5 la rétroprojection.

La projection ou projection frontale est la projection d'image sur une face d'un écran, appelée par convention dans la suite l'avant de l'écran, pour la visualisation des images sur l'avant de l'écran. Dans l'état actuel de la technique, ce type de projection s'effectue en salle sombre, l'exemple type étant la projection sur les écrans  
10 perlés pour le cinéma.

La rétroprojection est la projection d'image sur une face d'un écran, appelée par convention dans la suite l'arrière de l'écran, pour la visualisation des images sur l'autre face de l'écran, appelée par convention l'avant de l'écran. De tels écrans sont notamment utilisés pour les projections à grande échelle, ou pour les murs d'images;  
15 ces écrans, lorsqu'ils présentent un contraste suffisant, sont utilisés en salle normalement éclairée. On peut utiliser comme projecteur des projecteurs analogiques classiques, par exemple du type à trois tubes; on peut aussi, comme dans les dispositifs actuellement commercialisés par la demanderesse, utiliser des dispositifs numériques, tels que les micro-miroirs numériques vendus par la société Texas  
20 Instruments sous la référence DMD. On peut utiliser les écrans de rétroprojection dans d'autres applications, par exemple comme écran de filtrage d'une lumière collimatée ou légèrement divergente, i. e. avec un angle de divergence inférieur ou de l'ordre de 20°. De tels écrans peuvent trouver application en signalisation routière, comme filtres directifs sur des tubes à rayons cathodiques.

25 Les propriétés idéales d'un écran de rétroprojection sont :

- une bonne luminance, ou transmittivité, c'est-à-dire une capacité à transmettre la lumière dans le sens de l'arrière vers l'avant de l'écran, de sorte que les images projetées soient effectivement transmises vers le public, et qu'elles ne soient pas ou peu réfléchies vers le projecteur ni  
30 absorbées par l'écran;
- une forte absorption de la lumière dans le sens de l'avant vers l'arrière, de sorte que la lumière ambiante ne soit pas réfléchie vers le public en même temps que la lumière projetée depuis l'arrière;
- une bonne résolution, c'est à dire une capacité pour l'utilisateur de  
35 distinguer deux points projetés à faible distance l'un de l'autre;
- une directivité contrôlée, c'est-à-dire une possibilité de contrôler l'angle solide dans lequel sont envoyés les rayons traversant l'écran; de ce point de vue, on définit généralement le gain d'un écran en comparant ses

caractéristiques à celle d'un écran réflecteur diffusant formé d'une couche d'oxyde de magnésium sur un support.

Les propriétés idéales d'un écran de projection sont sensiblement les mêmes :

- 5 - une capacité à réfléchir vers le public la lumière projetée sur l'avant de l'écran, de sorte que les images projetées soient effectivement réfléchies vers le public, et qu'elles ne soient pas ou peu absorbées par l'écran;
- une bonne résolution, c'est à dire une capacité pour l'utilisateur de distinguer deux points projetés à faible distance l'un de l'autre;
- 10 - une directivité contrôlée, c'est-à-dire une possibilité de contrôler l'angle solide dans lequel sont envoyés les rayons traversant l'écran; de ce point de vue, on définit généralement le gain d'un écran en comparant ses caractéristiques à celle d'un écran réflecteur diffusant formé d'une couche d'oxyde de magnésium sur un support.

15 Dans l'état actuel de la technique, les écrans de projection ne sont pas utilisés autrement qu'en salle noire, et le comportement de l'écran par rapport à la lumière ambiante n'est pas une propriété considérée.

On définit de façon connue en soi le contraste nominal d'un écran de rétroprojection comme le rapport  $L_0/(1 \times R)$  entre la lumière  $L_0$  émise par l'écran et le produit de la lumière  $1$  incidente sur l'écran par la réflexion  $R$  de l'écran. Cette

20 définition s'applique tant à la projection qu'à la rétroprojection.

Dans le cas de la rétroprojection, une trop forte réflexion de la lumière dans le sens de l'avant vers l'arrière diminue le contraste d'une image projetée, et peut empêcher l'usage de l'écran autrement que dans une pièce sombre; le rétroprojecteur étant une boîte, la rétroprojection tolère une ambiance lumineuse minimale à la

25 différence de la projection frontale. Ceci pose évidemment un problème pour des applications comme les salles de contrôle, ou des applications extérieures, comme des projections par exemples dans des stades.

Divers écrans de rétroprojection ont déjà été proposés. La solution la plus ancienne et la plus simple consiste à utiliser comme écran un verre dépoli. Un écran

30 formé d'une plaque de verre dépoli à la grenaille constitue un dépoli lambertien, avec diffusion isotrope de la lumière: la transmittivité d'un tel écran est donc de 50 %, et le gain vaut 1. La réflexion dans le sens de l'avant vers l'arrière est de l'ordre de 10%, ce qui rend difficile l'utilisation d'un verre dépoli en lumière ambiante. La société Stewart Film Screen Corporation propose des écrans à dépoli amélioré, qui présente

35 vers l'avant un gain ovalisé, et une diffusion de la lumière vers l'avant qui n'est pas isotrope. La transmittivité est toujours de l'ordre de 50 %, mais dans la direction d'utilisation de l'écran, le gain est supérieur à 1. En résumé, ces écrans dépolis

présentent une haute résolution, mais un faible contraste, qui est typiquement de l'ordre de 10.

La société HIP propose des écrans qui sont formés d'un diffuseur en film mince sur un substrat transparent, sur lequel sont déposés des points noirs noyés dans le film mince diffusant; ces points noirs diminuent la réflexion de la lumière, et font  
5 augmenter le contraste de l'écran; toutefois, ils font aussi diminuer la transmittivité, et conduisent à des pertes d'informations. La transmittivité est de l'ordre de 50%, et le contraste typiquement entre 50 et 100.

Il est aussi connu, pour des applications de télévision, de prévoir des écrans  
10 lenticulaires. Ces écrans ont une structure ondulée suivant une direction horizontale, et invariante par translation suivant la direction verticale. L'ondulation permet un étalement de la lumière dans le sens horizontal, et élargit l'angle de vision dans ce sens. Il a aussi été proposé de prévoir à l'intérieur du matériau des noyaux de diffusion, par exemple des bulles diffusantes, pour assurer une diffusion contrôlée  
15 dans le sens vertical mais aussi dans le sens horizontal: l'angle de vision dans le sens vertical reste réduit, et est en tout état de cause lié à la concentration des bulles; l'utilisation de telles bulles diminue la résolution de l'écran. La résolution maximale est relativement faible, du fait de la taille minimale des ondulations, qui est de l'ordre de 0,3 mm. Avec des tailles d'ondulations de l'ordre de 0,8 à 1 mm, de tels écrans  
20 sont généralement utilisés pour la vidéo. Pour des applications graphiques en haute résolution, ces écrans posent des problèmes de Moiré locaux ou sur toute la surface de l'écran.

Un tel écran est décrit dans EP-A-0 241 986; il est prévu dans ce document de déposer entre les ondulations une matrice noire, de sorte à améliorer le contraste;  
25 cette matrice noire présente l'inconvénient d'absorber une partie de l'information. La transmittivité de ces écrans est de l'ordre de 55 %, et le contraste de l'ordre de 100. Les sociétés Dai Nippon Printing et Philipps proposent de tels écrans.

Au SID 99 (Symposium of International Display) de San José, Californie, tenu du 16.05.99 au 20.05.99, la société Dai Nippon Printing a présenté un nouvel écran  
30 lenticulaire, présentant une couche absorbant la lumière ambiante, appliquée directement sur la surface externe cylindrique des ondulations; l'amélioration annoncée par rapport au produit précédent est la suivante

	Ecran teinté	Ecran nouveau
Transmission optique	54%	57%
Retour R de la lumière ambiante	11%	6%

La luminosité et le contraste de cet écran restent moyens.

J.M. Tedesco et autres, Holographic Diffusers for LCD backlights and projection screens, SID 93 Digest, pp. 29-32, mentionne, pour des applications de rétroprojection, l'utilisation d'un écran formé d'une lentille de Fresnel, d'un diffuseur classique, et d'une telle matrice lenticulaire. La lentille de Fresnel forme une image  
5 de l'ouverture de la lentille dans une partie médiane de l'espace image. Le diffuseur assure une diffusion limitée de l'image dans le sens vertical, et la matrice lenticulaire assure l'étalement de l'image dans le sens horizontal.

Au SID 99, la société SARNOFF Corp. a présenté un nouvel écran lenticulaire à matrice noire améliorée, sans toutefois indiquer comment la matrice noire avait été  
10 améliorée; le contraste apparaît bon, mais la luminosité reste moyenne, du fait d'une transmission qui atteint au maximum 60 %.

En résumé, ces écrans lenticulaires présentent une résolution faible, une luminosité moyenne, une faible directivité horizontale, mais une forte directivité verticale et un contraste élevé si la matrice noire est conséquente; toutefois, dans ce  
15 cas, la luminosité est dégradée.

La société Physical Optics Corporation commercialise sous la marque DDS (Digital Display Screen) des écrans destinés à la rétroprojection ou pour les moniteurs de télévision ou d'ordinateur. Ces écrans sont formés d'un support en polycarbonate, en polyester ou en acrylique teinté, sur lequel est collé un diffuseur  
20 holographique. Le diffuseur holographique est du type décrit dans US-A-5 609 939, et permet de contrôler l'angle de vision, c'est-à-dire l'angle solide dans lequel est transmis la lumière projetée sur l'écran. Ces écrans constituent une solution au problème de la directivité; toutefois, l'écran en acrylique teinté proposé pour les applications de rétroprojection présente une luminosité faible, du fait de sa  
25 transmissivité qui n'est que de l'ordre de 50 %. En résumé, ces écrans assurent une bonne résolution, un contrôle efficace de la directivité dans le sens horizontal comme dans le sens vertical; le contraste et la transmissivité restent faibles du fait notamment de l'utilisation d'un matériau teinté dans la masse; un tel matériau présente une transmission trop faible pour assurer une bonne luminosité, et encore  
30 trop élevée pour assurer un bon contraste. Un contraste de l'ordre de 50 est habituel. D'autres fournisseurs de films holographiques transmissifs sont Denso (Japon), ou l'Institut National d'Optique (INO, Canada). Des films holographiques négatifs sont fournis par Physical Optics Corporation, ou encore par la société américaine Krystal Holographics International Inc.

35 L'article précité de J.M. Tedesco et autres propose d'associer un diffuseur holographique à une lentille de Fresnel pour pallier les problèmes posés par les matrices lenticulaires.

US-A-5 781 344 et US-A-5 563 738 décrivent des filtres à faible réflectance du type utilisé actuellement par la demanderesse pour des produits de rétroprojection. Ces filtres sont composés d'un support, d'une matrice opaque, et de billes qui sont enfoncées dans la matrice opaque de sorte à venir au contact du support. La lumière  
5 provenant du projecteur et focalisée par les billes traverse la matrice opaque uniquement lorsqu'elle passe au point de contact entre les billes et le support, ou au voisinage de celui-ci. Pour permettre de régler les propriétés optiques des filtres, ces documents suggèrent de prévoir au-dessus de la matrice opaque, du côté des billes, une ou plusieurs couches supplémentaires, entre les billes ou au-dessus de celles-ci.  
10 Afin d'améliorer le contraste, en diminuant la quantité de lumière passant entre les billes, il est proposé dans ce document de déposer au-dessus de la matrice opaque une couche opaque. Cette couche peut par exemple être générée par dépôt d'un pigment en poudre, et par chauffage du filtre jusqu'à ce que le pigment diffuse dans la partie supérieure de la matrice opaque.

15 Ce filtre présente une haute résolution, du fait de la faible taille des billes et de leur proximité. Toutefois, le taux de remplissage de la surface arrière par les billes atteint à peine 70 %, ce qui diminue la luminance. On atteint typiquement une transmittivité de l'ordre de 50% et un contraste de l'ordre de 200.

Les sociétés Mems Optical Corporation et RPC aux U.S.A., ainsi que la société  
20 AMS en Allemagne, proposent des réseaux de micro-lentilles. Ces micro-lentilles sont obtenues par des techniques de lithographie par attaque ionique, qui sont par exemple décrites dans la demande WO-A-98 32 590. Les micro-lentilles présentent une taille de 10 à 2000 microns, et sont disposés régulièrement, en cercle, suivant des hexagones, des carrés ou des rectangles. De telles micro-lentilles ne sont pas utilisées  
25 pour des applications de rétroprojection.

La société Polaroid a présenté au SID 99 un écran dédié exclusivement à la projection LCD (acronyme de l'anglais Liquid Crystal Display, afficheur à cristal liquide). Il s'agit d'un diffuseur muni d'un film polarisateur linéaire; dans la cellule  
LCD, un seul polarisateur linéaire n'est utile, croisé avec celui de l'écran. La lumière  
30 ambiante traverse le polarisateur de l'écran, est rétrodiffusée par le diffuseur, et de ce fait est absorbée en retraversant le polarisateur d'écran.

L'invention propose une solution aux différents problèmes des écrans de rétroprojection. Elle fournit un écran avec une excellente transmittivité de l'arrière vers l'avant, une bonne absorption de l'avant vers l'arrière; elle assure ainsi un  
35 excellent contraste. En outre, elle permet de contrôler la directivité; elle évite aussi les effets de moiré provoqués par la périodicité des surfaces.

Plus précisément, l'invention propose un écran, comprenant un support avec des éléments de focalisation, et une couche opaque avec des ouvertures pour laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.

5 Dans un mode de réalisation, la couche opaque est voisine des points de focalisation des éléments de focalisation.

De préférence, les ouvertures sont non-ponctuelles.

Dans un mode de réalisation, les ouvertures présentent une dimension comprise entre 2 micromètres et 200 micromètres.

10 Dans un autre mode de réalisation, les ouvertures représentent moins de 10% de la surface de la couche opaque, et de préférence moins de 5% de cette surface.

Dans encore un autre mode de réalisation, l'écran présente un contraste supérieur à 250, et de préférence supérieur à 500.

De préférence, les éléments de focalisation présentent une dimension comprise entre 20 micromètres et 1 millimètre.

15 Dans un mode de réalisation, l'écran présente une transmittivité supérieure à 70%.

Dans un autre mode de réalisation, le carré  $(\phi_{\text{trous}}/\phi_{\text{focalisation}})^2$  du rapport entre la dimension  $\phi_{\text{trous}}$  des ouvertures et la dimension  $\phi_{\text{focalisation}}$  des éléments de focalisation est inférieur ou égal à 10%, de préférence inférieur ou égal à 5%.

20 Avantageusement, le taux de remplissage par les éléments de focalisation est supérieur ou égal à 90%.

Les éléments de focalisation peuvent comprendre des micro-billes. Dans ce cas, l'écran présente de préférence une transmittivité supérieure ou égale à 80%, de préférence supérieure ou égale à 85%.

25 Les éléments de focalisation peuvent aussi comprendre des micro-lentilles. Dans ce cas, l'écran présente de préférence une transmittivité supérieure ou égale à 90%, de préférence supérieure ou égale à 95%.

30 Dans un mode de réalisation, l'écran comprend en outre un diffuseur contrôlant la directivité, adjacent à la couche opaque. Le diffuseur peut être un diffuseur holographique.

Dans encore un mode de réalisation, l'écran comprend un réflecteur adjacent à la couche opaque; il s'agit de préférence d'un réflecteur contrôlant la directivité.

L'invention propose aussi un procédé de fabrication d'un écran, comprenant les étapes de :

- 35
- fourniture d'un support présentant une pluralité d'éléments de focalisation, et d'un matériau s'étendant en couche au voisinage des points de focalisation des dits éléments de focalisation;
  - irradiation du matériau à travers les éléments de focalisation ;



- formation en utilisant le matériau irradié d'une couche opaque présentant des ouvertures.

Dans un mode de mise en œuvre, les éléments de focalisation comprennent des micro-lentilles.

- 5        Dans un autre mode de mise en œuvre du procédé, les éléments de focalisation comprennent des micro-billes.

Avantageusement, le procédé comprend dans ce cas une étape de formation d'une deuxième couche opaque entre les micro-billes, préalable à l'étape d'irradiation.

- 10       Dans un mode de mise en œuvre, le matériau est une résine photosensible positive opaque, et l'étape de formation comprend le développement de la résine.

Dans un autre mode de mise en œuvre le matériau est un matériau destructible par irradiation, et l'étape de formation s'effectue par destruction du matériau en même temps que l'étape d'irradiation.

- 15       Dans encore un mode de mise en œuvre, le matériau est un matériau photographique positif, et l'étape de formation comprend le développement du matériau photographique.

Dans encore un autre mode de mise en œuvre, le matériau est un matériau décolorable par irradiation, et l'étape de formation s'effectue par décoloration du matériau en même temps que l'étape d'irradiation.

- 20       L'invention propose enfin un écran présentant un contraste supérieur à 250, et de préférence supérieur à 500.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés, qui montrent

- 25       - figure 1, une représentation schématique en coupe d'un écran selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- figure 2, une représentation schématique en coupe d'un écran selon un deuxième mode de réalisation de l'invention;
- 30       - figure 3, une représentation schématique en coupe d'un écran selon un troisième mode de réalisation de l'invention;
- figure 4, une représentation schématique d'un écran selon un quatrième mode de réalisation, au voisinage du centre de l'écran ;
- figure 5, une représentation schématique de l'écran de la figure 4, au voisinage de son bord.

- 35       L'invention propose un écran formé d'un ensemble d'éléments de focalisation, auquel est associée une couche opaque, avec des ouvertures transparentes, pour laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation. L'écran de

l'invention peut être utilisé pour la rétroprojection, comme les écrans des figures 1 à 3, ou pour la projection frontale pour les écrans des figures 4 et 5.

Les éléments de focalisation peuvent par exemple comprendre des micro-billes, comme dans les modes de réalisation de la figure 3, ou aussi des micro-lentilles, comme dans les modes de réalisation des figures 1 et 2. Ces éléments de focalisation assurent une forte luminance, et une transmission quasi-totale de la lumière projetée sur l'arrière de l'écran vers l'avant de l'écran; ceci est notamment le cas pour des micro-lentilles, pour lesquelles le taux de remplissage peut atteindre ou dépasser 90 %, voire 95 %. La transmittivité peut dépasser 70%; elle atteint typiquement 90%, voire 95% sans couche holographique, dans le cas où les éléments focalisants sont des micro-lentilles. Elle atteint 80%, voire 85% sans couche holographique, dans le cas où les éléments focalisants sont des micro-billes.

Du fait que la couche opaque présente des ouvertures transparentes pour laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation, mais absorbe la lumière incidente, l'écran de l'invention permet d'atteindre un contraste élevé; on peut atteindre des contrastes de 250 ou plus, voire des contrastes supérieurs à 500. On peut prévoir des trous de dimension entre quelques micromètres et quelques dizaines de micromètres, voire 200 micromètres pour des micro-lentilles de 1 mm. La surface opaque peut représenter plus de 90%, voire plus de 95% de la surface de l'écran, de sorte à absorber quasiment toute la lumière incidente sur l'écran.

Une autre définition de l'invention peut être donnée par le rapport entre la dimension des ouvertures – leur diamètre  $\phi_{\text{trous}}$  si elles sont circulaires – et la dimension des éléments de focalisation – leur diamètre  $\phi_{\text{focalisation}}$  s'ils sont circulaires. De préférence, le carré  $(\phi_{\text{trous}}/\phi_{\text{focalisation}})^2$  de ce rapport est inférieur ou égal à 10%, voire inférieur ou égal à 5%.

On peut aussi prévoir que la dimension des ouvertures est inférieure à 20% de la dimension des éléments de focalisation.

Chaque élément de focalisation assure une focalisation de la lumière projetée; le matériau formant la couche opaque est disposé de sorte que les ouvertures laissent passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation, pour maximiser la luminance du projecteur, et donc le contraste.

L'invention propose en outre un procédé de fabrication d'écran, qui assure un fort contraste. Pour assurer ce contraste, le procédé de l'invention propose de former la couche opaque par irradiation à travers les éléments de focalisation. Le procédé s'applique particulièrement à la fabrication d'écran tels que ceux qui sont décrits ci-dessous.

La figure 1 montre une représentation schématique en coupe d'un écran selon un premier mode de réalisation de l'invention; dans ce mode de réalisation, les

éléments de focalisation sont composés de micro-lentilles; l'écran de la figure 1 présente un support 2 présentant sur une surface arrière 4 une pluralité de micro-lentilles 6. On peut utiliser comme support à micro-lentilles les produits commercialisés par les sociétés Mems Optical, RPC et AMS mentionnées plus haut.

5 La forme et la disposition des micro-lentilles peuvent être choisies en fonction de l'application, et on peut par exemple utiliser des micro-lentilles allongées pour disposer d'une directivité plus faible dans une direction. De telles formes de micro-lentilles peuvent être utilisées en remplacement d'un diffuseur holographique du type discuté plus bas, ou encore en combinaison avec un tel diffuseur holographique, pour

10 renforcer l'efficacité du diffuseur holographique du point de vue de la directivité.

Sur la surface avant 8 du support 2 est disposée une couche opaque 10. Dans le mode de réalisation de la figure, les micro-lentilles sont choisies de sorte que leur point de focalisation soit voisin de la couche opaque, et de préférence se trouve dans le plan médian 11 de la couche opaque. En pratique, pour des couches opaques fines,

15 il suffit que le point de focalisation des micro-lentilles soit voisin de la surface avant du support 8.

La couche opaque présente des ouvertures 12, qui laissent passer la lumière focalisée par les micro-lentilles. Ces ouvertures dans la couche opaque sont disposées de sorte à laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation, et sont d'une dimension suffisamment faible pour permettre d'obtenir un

20 contraste élevé. La dimension des ouvertures peut par exemple être inférieure à 20% de la dimension des micro-lentilles. On peut aussi simplement prévoir que les ouvertures représentent moins de 10%, voire moins de 5% de la surface de la couche opaque, ou encore que le carré du rapport  $(\phi_{\text{trous}}/\phi_{\text{focalisation}})^2$  entre la dimension des

25 ouvertures et la dimension des micro-lentilles est inférieur à 10%, voire de préférence inférieur à 5%.

En pratique, la solution la plus simple pour obtenir des ouvertures de faible dimension, et donc un contraste élevé, consiste à disposer la couche opaque au voisinage des points de focalisation des éléments de focalisation, comme dans le

30 mode de réalisation de la figure 1; ceci n'est pas indispensable si les ouvertures sont d'une dimension suffisamment faible par rapport à l'ensemble de la couche opaque, ou par rapport à la dimension des éléments de focalisation.

La nature de la couche opaque et son procédé de fabrication sont par exemple ceux indiqués ci-dessous. On entend par ouverture une zone dans laquelle la couche

35 opaque ne s'étend pas ou laisse passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation. Ces ouvertures sont en fait transparentes pour la lumière utilisé dans le rétroprojecteur.

L'écran peut encore présenter un substrat de support 14, en verre ou en plastique, avec le cas échéant une couche anti-reflet 16.

5 L'écran de la figure 1 assure une très bonne luminance. De fait, le taux de remplissage du support 2 par les micro-lentilles peut dépasser 90%, voire 95 %. De la sorte, quasiment l'ensemble de la lumière projetée sur la face arrière de l'écran est condensé par les micro-lentilles et traverse la couche opaque pour être visible par les utilisateurs de l'écran. En outre, l'atténuation provoquée par un support à micro-lentilles est quasiment nulle, dans la mesure où l'on peut utiliser pour sa fabrication un matériau transparent.

10 L'écran assure en outre un très bon contraste. Comme les points focaux des micro-lentilles sont voisins de la couche opaque, et sont de préférence dans la couche opaque, celle-ci peut s'étendre sur une proportion importante de la surface de l'écran. A titre d'exemple, pour des micro-lentilles disposées en hexagone et espacées de 205 microns, d'un diamètre unitaire de 200 microns, sur un support d'épaisseur 700  
15 microns, avec une distance focale de 600 microns, on peut prévoir au voisinage du point focal de chaque micro-lentille une ouverture 12 de diamètre de l'ordre de 35 microns; dans une telle configuration, chaque ouverture laisse passer la lumière focalisée par un élément de focalisation, et le carré du rapport  $(\phi_{\text{trous}}/\phi_{\text{focalisation}})^2$  entre le diamètre des trous et le diamètre des micro-lentilles est de l'ordre de 3%. La  
20 couche opaque s'étend sur plus de 95% de la surface de l'écran, et le contraste est supérieur à 300 sous un éclairage de 1000 lux.

L'écran assure en outre une bonne résolution. En effet, la résolution ne dépend que de la taille des micro-lentilles, et de la distance entre celles-ci. Dans l'exemple, la résolution est de l'ordre de 200 microns.

25 L'écran de la figure 1 est particulièrement adapté à la rétroprojection analogique. Il peut aussi être utilisé pour la rétroprojection numérique; dans ce cas, il est avantageux pour éviter les effets de moiré sur l'écran de disposer les micro-lentilles en correspondance des pixels projetés ou affichés.

30 La figure 2 montre une représentation schématique en coupe d'un écran selon un deuxième mode de réalisation de l'invention; le mode de réalisation de la figure 2, par rapport à celui de la figure 1, permet de contrôler la directivité de l'écran, et d'éviter dans des applications numériques les effets de moiré sans pour autant devoir aligner les micro-lentilles et les pixels projetés.

35 L'écran de la figure 2 présente un support 22 présentant sur une surface arrière 24 une pluralité de micro-lentilles 26. Sur la surface avant 28 du support est fixé, par exemple par lamination, un diffuseur 30 contrôlant la directivité, par exemple un diffuseur holographique du type commercialisé par la société Physical Optics Corporation; on peut aussi utiliser les films des autres fournisseurs mentionnés plus

haut. Dans l'exemple de la figure, le diffuseur 30 présente une surface lisse 32 qui est disposée, par exemple collée, contre la surface avant 28 du support 22. La surface 34 du diffuseur 30 présentant l'impression ou le gaufrage holographique couverte d'une couche opaque 36.

5        Comme dans le mode de réalisation de la figure 1, les micro-lentilles sont conformées, en fonction de l'épaisseur du diffuseur 30, de sorte que le point focal de chaque micro-lentille soit voisin de la couche opaque. Celle-ci présente, comme dans le cas de la figure 1, des ouvertures 38 à proximité des points focaux des micro-lentilles, qui laissent passer la lumière concentrée par les micro-lentilles et diffusée  
10 par le diffuseur 30. Comme le diffuseur est voisin de la couche opaque, les rayons lumineux déviés par le diffuseur traversent les ouvertures de la couche opaque. La nature de la couche opaque et son procédé de fabrication sont ceux indiqués ci-dessous.

      L'écran présente ensuite un substrat 40 en verre ou en plastique, avec le cas  
15 échéant une couche anti-reflet sur sa surface avant 42. De préférence, pour améliorer le fonctionnement du diffuseur holographique, le substrat est assemblé par collage à l'aide de points de colles, qui ne recouvrent pas les ouvertures; on assure ainsi que la colle éventuelle ne perturbe pas le fonctionnement du diffuseur holographique au voisinage des ouvertures. On peut pour déposer la colle utiliser les techniques  
20 connues en micro-électronique. On peut aussi utiliser simplement des points de colle, recouvrant une faible surface de l'écran, y compris le cas échéant des ouvertures: si la surface de colle est faible par rapport à la surface de l'écran, l'effet de la colle peut alors être négligé. On peut aussi utiliser des espaceurs de quelques microns entre le diffuseur holographique et le substrat. Si nécessaire, le substrat 40 est muni d'une  
25 couche anti-reflet sur ses deux faces.

      L'écran de la figure 2 présente tous les avantages de celui de la figure 1. La présence du diffuseur 30 permet en outre de contrôler la directivité; l'effet du diffuseur sur la luminance est faible; les diffuseurs holographiques fournis par la société Physical Optics Corporation présentent par exemple une transmissivité  
30 supérieure à 90% dans le sens de l'arrière vers l'avant. Le diffuseur n'a pas d'effet sur la lumière incidente sur la face avant de l'écran, et le contraste reste du même ordre que pour l'écran de la figure 1.

      En outre, les quelques 10 % de lumière rétrodiffusée soit traversent les micro-lentilles et sont absorbés dans le rétroprojecteur à parois internes noircies, soit sont  
35 réfractés par réflexion totale à travers les micro-lentilles et sont dirigés vers l'avant où ils sont absorbés à 95 % par la couche noire d'écran.

      L'écran de la figure 2 peut aussi être utilisé plus facilement pour des rétroprojections numériques; la présence du diffuseur 30 évite les effets de moiré

provoqués par la périodicité des pixels projetés et des micro-lentilles, sans qu'il soit nécessaire d'aligner les pixels projetés et les micro-lentilles.

On peut utiliser l'enseignement des exemples de réalisation des figures 1 et 2, avec des éléments de focalisation qui sont des micro-billes. Les diverses  
5 caractéristiques des écrans sont alors les mêmes, et notamment les dimensions relatives des ouvertures et des éléments de focalisation ou les dimensions relatives des ouvertures et la couche opaque peuvent être les mêmes.

On décrit maintenant un procédé de fabrication d'un écran; ce procédé s'applique avantageusement à la fabrication d'un écran du genre de ceux représentés  
10 aux figures 1 et 2. Le procédé comprend essentiellement la formation par irradiation à travers des éléments de focalisation des ouvertures dans la couche opaque pour laisser passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.

La nature de l'irradiation dépend de la nature de la couche opaque; des exemples sont donnés maintenant, dans le cas d'éléments de focalisation formés de  
15 micro-lentilles. Dans les exemples, on constatera que l'irradiation s'effectue soit directement sur la couche opaque, soit sur un matériau permettant ultérieurement la formation de la couche opaque. Dans tous les cas, la couche ou le matériau sont avantageusement disposés à la place de la couche opaque dans l'écran terminé.

Dans un premier mode de réalisation, la couche opaque est formée par  
20 photolithographie. Le procédé comprend alors une première étape de fourniture d'un support avec des micro-lentilles, et le cas échéant un diffuseur. Dans une deuxième étape, on dépose sur le support une résine photosensible positive, chargée préalablement avec des particules pour la rendre opaque. Dans le cas d'une couche opaque de couleur noire, pour des applications de projection en couleurs, on peut  
25 utiliser des particules de carbone, de ferrite noire, ou d'oxyde de cobalt. On peut par exemple utiliser comme résine la résine de type AZ vendue par la société Shipley.

Le procédé comprend ensuite une étape d'irradiation de la résine photosensible, par l'arrière, i. e. à travers les micro-lentilles, avec un rayonnement approprié à la nature de la résine. On comprend que la lumière utilisée pour l'irradiation est  
30 concentrée au voisinage des points focaux des micro-lentilles, et que la résine est donc exposée au voisinage de ces points focaux. L'irradiation est poursuivie pendant une durée suffisante pour exposer la résine de sorte à laisser ensuite passer la lumière focalisée par les micro-lentilles; la présence de particules opaques augmente la durée d'irradiation par rapport à la durée de consigne, mais une irradiation plus longue  
35 permet d'exposer la résine.

Il est avantageux que l'irradiation de la résine soit effectuée par une lumière dirigée comme la lumière ensuite projetée lors de l'utilisation de l'écran. Ainsi, si l'on utilise ensuite l'écran avec une source ponctuelle disposée en une position donnée par

rapport à l'écran, on peut pour l'irradiation disposer la source d'irradiation dans la même position par rapport à l'écran. On améliore ainsi la transmittivité pour la lumière provenant directement de la source, et particulièrement sur les bords. Ceci est vrai non seulement pour le premier mode de réalisation maintenant décrit, mais  
5 aussi pour l'ensemble des modes de réalisation du procédé de l'invention.

Après l'étape d'irradiation, le procédé comprend une étape de développement de la résine, qui permet d'enlever la résine qui a été exposée.

Les techniques de photolithographie sont bien connues en tant que telles de l'homme du métier, et peuvent être appliquées sans difficultés.

10 Dans le premier mode de réalisation, le matériau est donc une résine photosensible positive chargée en particules opaques, et la formation de la couche opaque s'effectue en développant la résine et en enlevant la résine exposée lors de l'irradiation, aux points focaux des micro-lentilles, ou au voisinage de ceux-ci.

Dans un deuxième mode de réalisation, la couche opaque est formée par  
15 irradiation, de sorte à détruire le matériau formant la couche opaque au voisinage des points focaux des micro-lentilles. Comme dans le premier mode de réalisation, le procédé comprend une première étape de fourniture d'un support avec des micro-lentilles, et le cas échéant un diffuseur. Dans une deuxième étape, on dépose directement sur le support le matériau destiné à former la couche opaque. On peut  
20 utiliser tout matériau opaque susceptible d'être détruit par irradiation d'un rayonnement concentré par les lentilles, et par exemple, on peut utiliser un film plastique noir, qui peut être percé par un laser au CO<sub>2</sub> à une longueur d'onde de 600 ou 800 nm.

Le procédé comprend ensuite une étape d'irradiation de la couche opaque, par  
25 l'arrière, i. e. à travers les micro-lentilles, avec un rayonnement approprié à la nature de la couche opaque. Dans l'exemple de produit donné plus haut, on peut utiliser un rayonnement laser. Comme dans le premier mode de réalisation, on comprend que la lumière utilisée pour l'irradiation est concentrée au voisinage des points focaux des micro-lentilles : la couche opaque est donc détruite au voisinage des points focaux  
30 des micro-lentilles. On peut le cas échéant prévoir une étape de lavage.

Dans ce deuxième mode de réalisation, le matériau irradié est directement le matériau de la couche opaque, et la formation de la couche opaque s'effectue lors de l'irradiation, par destruction du matériau. Ceci s'applique notamment aux micro-lentilles en verre.

35 Dans un troisième mode de réalisation, on forme la couche opaque par photographie, à l'aide d'un film ou d'un matériau photographique positif. Le procédé comprend une première étape de fourniture d'un support avec des micro-lentilles, et le cas échéant un diffuseur. Dans une deuxième étape, on dépose sur le support un

film photographique positif. De tels films sont connus en soi, et largement disponibles sur le marché, notamment auprès de Kodak, Agfa ou Fuji.

Le procédé comprend ensuite une étape d'irradiation de la couche opaque, par l'arrière, i. e. à travers les micro-lentilles, avec un rayonnement approprié à la nature  
5 de la couche opaque. Pour du film photographique positif, on peut simplement utiliser une lumière actinique quelconque, et tout simplement de la lumière blanche. La lumière utilisée pour l'irradiation est concentrée au voisinage des points focaux des micro-lentilles : le film est donc exposé au voisinage des points focaux des micro-lentilles. On peut ensuite procéder au développement du film photographique.

10 Après développement, le film est transparent au voisinage des points focaux des lentilles, et est noir - ou de toute autre couleur choisie - ailleurs. Comme précédemment, on peut alors déposer une couche protectrice, un substrat ou autre.

Dans ce troisième mode de réalisation, le matériau est donc un film photographique; on peut aussi déposer directement sur le support ou l'hologramme  
15 un matériau photographique positif, ce qui évite le problème de développement du film depuis ses deux faces. Si on utilise un film photographique à développer sur ses deux faces, on peut procéder au développement préalable de la face du film destinée à être appliquée contre le support ou le diffuseur holographique.

Dans le troisième mode de réalisation, l'étape de formation de la couche  
20 opaque comprend simplement le développement du film photographique, ou du matériau photographique.

Dans un quatrième mode de réalisation, on forme la couche opaque par décoloration d'un matériau. Le procédé comprend toujours une première étape de fourniture d'un support avec des micro-lentilles, et le cas échéant un diffuseur. Dans  
25 une deuxième étape, on dépose sur le support un matériau susceptible d'être décoloré par irradiation; on peut par exemple utiliser les films vendus par la société Westlake sous l'appellation "Acetal film" qui peuvent être décolorés par application d'un laser autour de 600 nm. On peut aussi appliquer directement le produit actif correspondant. Si nécessaire, on prévoit des espaceurs ou intercalaires entre le  
30 support et le film. On notera que les films "Acetal films" sont disponibles en diverses couleurs.

Le procédé comprend ensuite une étape d'irradiation de la couche opaque, par l'arrière, i. e. à travers les micro-lentilles, avec un rayonnement approprié à la nature  
35 de la couche opaque. Pour ce quatrième mode de réalisation, on utilise la lumière prévue pour décolorer le matériau. Cette lumière est concentrée au voisinage des points focaux des micro-lentilles : le matériau est donc décoloré au voisinage des points focaux des micro-lentilles. Après l'irradiation, le matériau est transparent au



voisinage des points focaux des lentilles, et est opaque ailleurs. On peut alors si nécessaire déposer une couche protectrice, un substrat, ou une couche anti-reflet.

Dans ce quatrième mode de réalisation, le matériau est le matériau de la couche opaque, et la formation de la couche opaque s'effectue en même temps que  
5 l'irradiation par décoloration du matériau.

En comparaison du procédé de formation d'une couche opaque décrit dans US-A-5 563 738, le procédé de l'invention assure la formation de véritables ouvertures dans la couche opaque, d'une dimension contrôlée; on assure ainsi une transmission adéquate sur toute la surface de l'écran. On augmente ainsi la transmittivité de  
10 l'écran, et donc le contraste. Dans ce brevet américain, l'opacité de la couche de liaison des micro-billes est choisie de sorte à laisser passer la lumière projetée de l'arrière vers l'avant, autour des points de contact entre les micro-billes et leur support; ceci plaide en faveur d'une faible opacité. Toutefois, l'opacité est nécessaire pour absorber la lumière incidente sur la face avant de l'écran. L'opacité de la couche  
15 de liaison est donc le résultat d'un compromis entre la transmittivité de l'arrière vers l'avant, et l'absorption de l'avant vers l'arrière. L'invention permet d'éviter ce compromis, et de fournir une couche de liaison des billes très opaque, tout en conservant une bonne transmittivité dans le sens de l'arrière vers l'avant.

Le procédé de l'invention s'applique aussi bien au cas d'éléments focalisants  
20 qui ne sont pas des micro-lentilles, mais des billes, comme dans le brevet US-A-5 563 738. Dans ce cas, le procédé de l'invention permet d'améliorer encore le contraste des écrans. Le procédé est décrit en référence à la figure 3, qui montre un exemple de support à micro-billes.

Le support 44 est recouvert d'une couche opaque 46, puis d'une couche de  
25 liaison 48, dans laquelle sont disposées des micro-billes 50. On forme ensuite une deuxième couche opaque 52, par-dessus la couche de liaison; cette deuxième couche opaque permet de limiter la lumière transmise à travers les interstices entre les billes lors de l'étape d'irradiation. On peut ensuite former d'autres couches, comme expliqué dans le brevet précité, pour mieux contrôler la focalisation par les micro-  
30 billes.

On procède ensuite à la formation d'ouvertures 54 dans la couche opaque, selon l'invention. Le procédé comprend donc une étape d'irradiation de la couche opaque 46, par l'arrière, i. e. à travers les micro-billes, avec un rayonnement approprié à la nature de la couche opaque. Du fait de la présence de la deuxième couche opaque 52,  
35 la lumière passant entre les micro-billes n'irradie pas la première couche opaque 46. On peut notamment appliquer les deuxième et quatrième modes de réalisation décrits plus haut, et procéder à la destruction ou à la décoloration du matériau de la couche

opaque. Ces modes de réalisation sont intéressants pour la structure de la figure 3, en ce qu'ils peuvent être utilisés sans accès à la couche opaque.

On forme de la sorte de réelles ouvertures dans la couche opaque 46; comme expliqué ci dessus, on peut de ce fait utiliser un matériau très opaque pour la couche opaque. Il est clair qu'après la formation des ouvertures, la deuxième couche opaque 52 n'est plus indispensable, car la lumière passant entre les billes est arrêtée par la première couche opaque 46. On peut donc l'enlever, et la remplacer par d'autres couches.

En référence aux figures 4 et 5 est décrit un quatrième mode de réalisation de l'invention, qui fournit un écran utilisable pour une projection frontale. L'écran des figures 4 et 5 présente une structure analogue à celle de l'écran de la figure 2, mais avec un réflecteur.

Plus précisément, l'écran comprend un support 60 avec des éléments de focalisation – dans l'exemple de la figure des micro-lentilles 61. Au voisinage des points focaux des micro-lentilles, sur la face du support opposée aux micro-lentilles, est prévu une couche opaque 62, avec des ouvertures 63. Les ouvertures peuvent présenter les mêmes caractéristiques que les ouvertures discutées plus haut en référence aux figures 1 à 3. L'écran présente encore un réflecteur 65, qui réfléchit la lumière passant par les ouvertures. Il s'agit avantageusement d'un réflecteur holographique, par exemple d'un diffuseur holographique présentant un film réflecteur en aluminium externe; un tel réflecteur holographique est commercialisé par la société Physical Optics Corporation, et permet de contrôler la directivité de la lumière réfléchie. On peut aussi utiliser les réflecteurs de la société américaine Krystal Holographics International, Inc. On peut encore utiliser comme réflecteur les structures à micro-prismes ou autres bien connues en soi de l'homme du métier. Ces structures permettent de réfléchir la lumière, avec un angle contrôlé. L'ensemble peut être collé sur un substrat 67 en verre ou en plastique.

L'écran de la figure 4 peut être obtenu par les mêmes procédés que ceux décrits plus haut. Pour assurer un fonctionnement optimal de l'écran, et notamment pour assurer que les rayons projetés sur les bords sont réfléchis vers le spectateur, il est avantageux que l'étape d'irradiation soit effectuée avec une source disposée à l'endroit où doit ultérieurement être disposé le projecteur.

Le fonctionnement de l'écran en projection frontale est expliqué en référence aux figures 4 et 5. Il repose sur le principe que la lumière projetée sur l'écran provient d'une direction donnée, qui est celle du projecteur, alors que la lumière ambiante arrive de toutes les directions; la lumière du projecteur est alors sensiblement entièrement focalisée par les éléments de focalisation, et réfléchie par le réflecteur, dans la direction de l'utilisateur. Le fait d'utiliser un réflecteur

holographique permet dans ce cas de contrôler la direction de réflexion de la lumière provenant du projecteur, et notamment de renvoyer vers le spectateur la lumière projetée sur les bords de l'écran. En revanche, la lumière ambiante, qui ne provient a priori pas du projecteur, est réfractée par les éléments de focalisation sur la couche opaque; elle est donc absorbée. L'écran présente donc un contraste beaucoup plus important que les écrans de projection classiques, et notamment plus important que les écrans diffusants, que les écrans perlés ou même que les écrans holographiques aluminisés commercialisés par la société Physical Optics Corporation. Il permet une projection dans une salle éclairée, sans qu'il ne soit nécessaire de supprimer toute lumière ambiante. Cette caractéristique est nouvelle et importante, et permet notamment une projection LCD à bas coût en salles de réunions, bureaux d'études ou autres lieux normalement éclairés.

La figure 4 montre l'écran, au voisinage de son centre. La figure 5 montre l'écran au voisinage de son bord. En traits pleins apparaissent les rayons incidents sur l'écran provenant du projecteur, qui sont majoritairement focalisés dans les ouvertures de la couche opaque, et réfléchis par le réflecteur vers les spectateurs; en traits pointillés apparaissent des rayons incidents de la lumière ambiante, qui sont majoritairement absorbés par la couche opaque. L'angle  $\alpha$  sur les figures 4 et 5 représente le secteur angulaire dans lequel est renvoyée la lumière collimatée ou sensiblement collimatée provenant du projecteur; comme le montre la figure 4, pour le centre de l'écran, la lumière est renvoyée dans un secteur angulaire d'axe sensiblement perpendiculaire à l'écran, vers le public. Comme le montre la figure 5, sur les bords de l'écran, la lumière est renvoyée vers le centre de l'écran, dans un secteur angulaire qui est dirigé vers le public.

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux exemples et modes de réalisation décrits et représentés, mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme de l'art. Ainsi, il est clair que l'on peut faire varier la position relative des micro-lentilles et de leur support, dans la mesure où le point de focalisation des micro-lentilles est proche de la couche opaque. Dans le cas de la figure 1, on pourrait par exemple disposer les micro-lentilles sur la face avant du support, ajouter une couche intermédiaire transparente, puis une couche opaque au voisinage du point de focalisation des micro-lentilles. Dans le cas de la figure 2, on pourrait disposer les micro-lentilles sur la face avant du support 22, toujours en assurant que leur point de focalisation est voisin de la couche opaque.

On peut en outre prévoir sur l'écran de l'invention les traitements connus en soi, et par exemple des traitements anti-reflets d'un côté ou de l'autre de l'écran. Le terme de support utilisé pour les modes de réalisation des figures 1 et 2 se réfère aux micro-lentilles; l'écran peut aussi comprendre un support rigide, tel qu'une plaque de verre

ou un matériau faiblement diffusant. On peut aussi utiliser d'autres types de micro-lentilles que celles données à titre d'exemple.

Le procédé de l'invention n'est pas limité aux quatre modes de réalisation donnés à titre d'exemple. On peut aussi former la couche opaque par irradiation  
5 d'autres types de matériaux à travers les micro-lentilles ou les éléments focalisants. On peut aussi utiliser le procédé de "lift-off" de photolithographie : application de plots de résine photosensible négative aux points de focalisation des éléments de focalisation; recouvrement de toute la surface par une couche noire, puis enfin dissolution des plots de résine et de la couche noire à l'endroit de ces plots de résine  
10 pour ne conserver qu'une couche noire présentant des trous aux endroits des points de focalisation.

Dans l'ensemble de la description, on a utilisé les termes de couche opaque et d'ouverture transparente. Dans le cas d'une projection en couleurs, la couche opaque est typiquement noire, et les ouvertures sont transparentes, c'est-à-dire laissent passer  
15 toutes les longueurs d'onde de la lumière visible; en fait, le terme transparent s'entend comme transparent pour la lumière focalisée par les éléments de focalisation, et le terme opaque s'entend comme opaque pour la lumière focalisée par les éléments de focalisation. Ainsi, dans le cas d'un écran de projection destiné à être utilisé avec une lumière rouge, on pourrait utiliser une couche opaque bleue, de sorte à absorber la  
20 composante rouge de la lumière ambiante, et disposer d'un contraste élevé pour la couleur rouge.

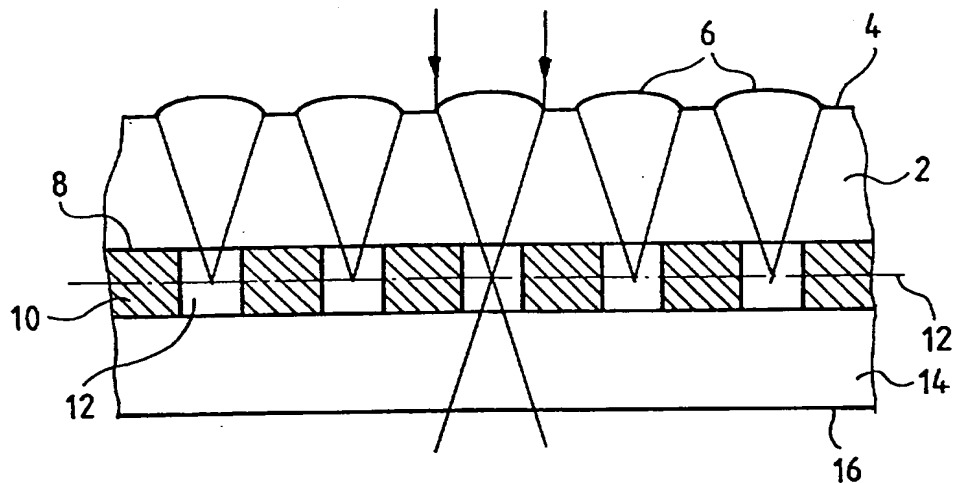
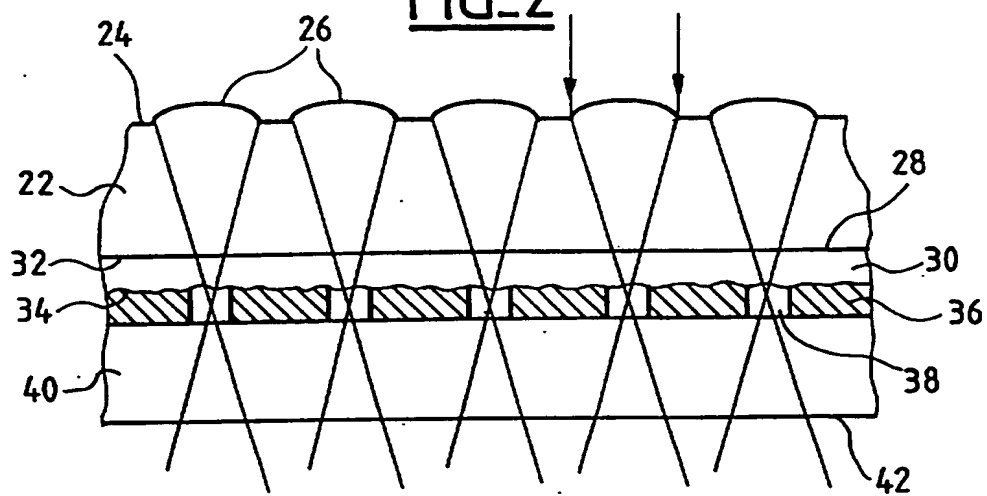
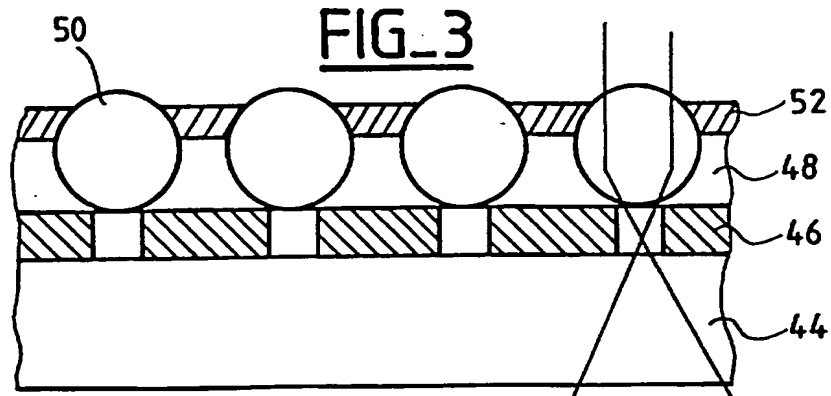
### **REVENDICATIONS**

1. Un écran, comprenant un support (2, 22) avec des éléments de focalisation (6, 26), une couche opaque (10, 36) avec des ouvertures (12, 38) pour laisser  
5 passer la lumière focalisée par les éléments de focalisation.
2. L'écran selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche opaque est voisine des points de focalisation des éléments de focalisation.
3. L'écran selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les ouvertures sont non-ponctuelles.
- 10 4. L'écran selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que les ouvertures présentent une dimension comprise entre 2 micromètres et 200 micromètres.
5. L'écran selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les ouvertures représentent moins de 10% de la surface de la couche opaque, et de préférence moins de 5% de cette surface.
- 15 6. L'écran selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il présente un contraste supérieur à 250, et de préférence supérieur à 5 00.
7. L'écran selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les éléments de focalisation présentent une dimension comprise entre 20 micromètres et 1 millimètre.
- 20 8. L'écran selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il présente une transmittivité supérieure à 70%.
9. L'écran selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le carré  $(\phi_{\text{trous}}/\phi_{\text{focalisation}})^2$  du rapport entre la dimension  $\phi_{\text{trous}}$  des ouvertures et la dimension  $\phi_{\text{focalisation}}$  des éléments de focalisation est inférieur ou égal à 10%,  
25 de préférence inférieur ou égal à 5%.
10. L'écran selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le taux de remplissage par les éléments de focalisation est supérieur ou égal à 90%.

11. L'écran selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les éléments de focalisation comprennent des micro-billes.
- 5 12. L'écran selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il présente une transmittivité supérieure ou égale à 80%, de préférence supérieure ou égale à 85%.
13. L'écran selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les éléments de focalisation comprennent des micro-lentilles.
- 10 14. L'écran selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il présente une transmittivité supérieure ou égale à 90%, de préférence supérieure ou égale à 95%.
15. L'écran selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un diffuseur (30) contrôlant la directivité, adjacent à la couche opaque.
16. L'écran selon la revendication 15, caractérisé en ce que le diffuseur est un diffuseur holographique.
- 15 17. L'écran selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'il comprend un réflecteur (65) adjacent à la couche opaque (62).
18. L'écran selon la revendication 17, caractérisé en ce que le réflecteur est un réflecteur (65) contrôlant la directivité.
- 20 19. Un procédé de fabrication d'un écran, comprenant les étapes de :
  - fourniture d'un support (2, 22, 44) présentant une pluralité d'éléments de focalisation (6, 26, 50), et d'un matériau s'étendant en couche au voisinage des points de focalisation des dits éléments de focalisation;
  - irradiation du matériau à travers les éléments de focalisation ;
  - formation en utilisant le matériau irradié d'une couche opaque (10, 36, 46)
  - 25 présentant des ouvertures (12, 38, 54).
20. Le procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que les dits éléments de focalisation comprennent des micro-lentilles (6, 26).

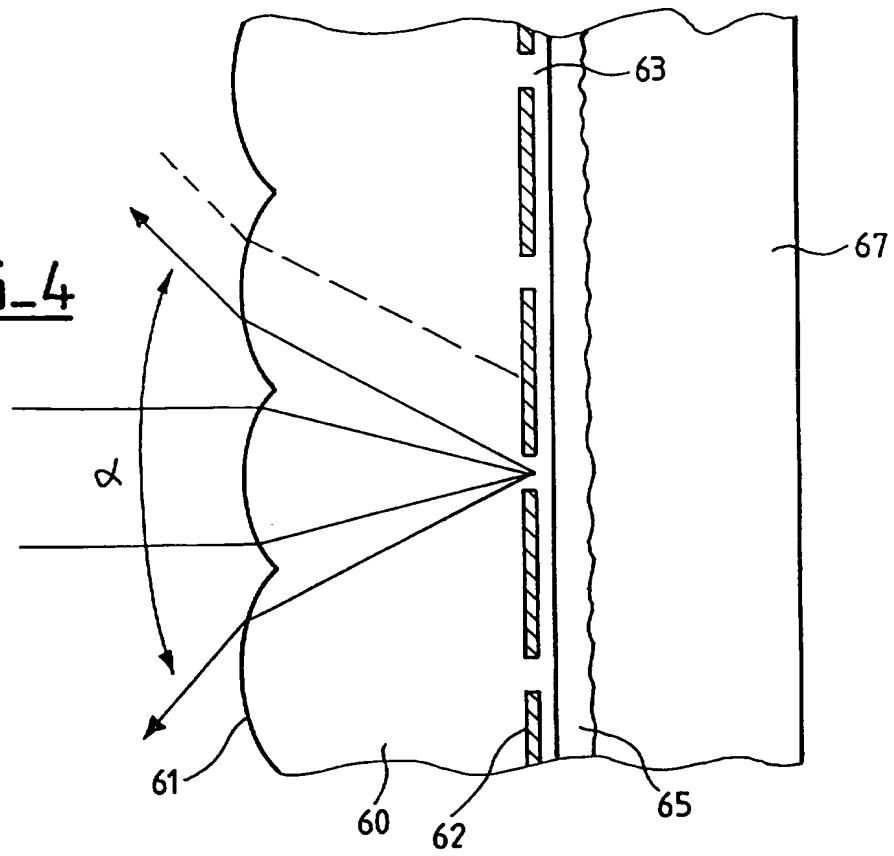
21. Le procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que les dits éléments de focalisation comprennent des micro-billes (50).
22. Le procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de formation d'une deuxième couche opaque (52) entre les micro-billes, 5 préalable à l'étape d'irradiation.
23. Le procédé selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que le matériau est une résine photosensible positive opaque, et en ce que l'étape de formation comprend :  
- le développement de la résine.
- 10 24. Le procédé selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que le matériau est un matériau destructible par irradiation, et en ce que l'étape de formation s'effectue par destruction du matériau en même temps que l'étape d'irradiation.
- 15 25. Le procédé selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que le matériau est un matériau photographique positif, et en ce que l'étape de formation comprend :  
- le développement du matériau photographique.
- 20 26. Le procédé selon l'une des revendications 19 à 22, caractérisé en ce que le matériau est un matériau décolorable par irradiation, et en ce que l'étape de formation s'effectue par décoloration du matériau en même temps que l'étape d'irradiation.
27. Un écran présentant un contraste supérieur à 250, et de préférence supérieur à 500.

1/2

FIG\_1FIG\_2FIG\_3



2/2

FIG\_4FIG\_5